

541,783

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
28. Oktober 2004 (28.10.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/093102 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01C 7/04**,
F02N 11/08, H01L 21/822

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2004/000776

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. April 2004 (14.04.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
103 17 466.4 16. April 2003 (16.04.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02
20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

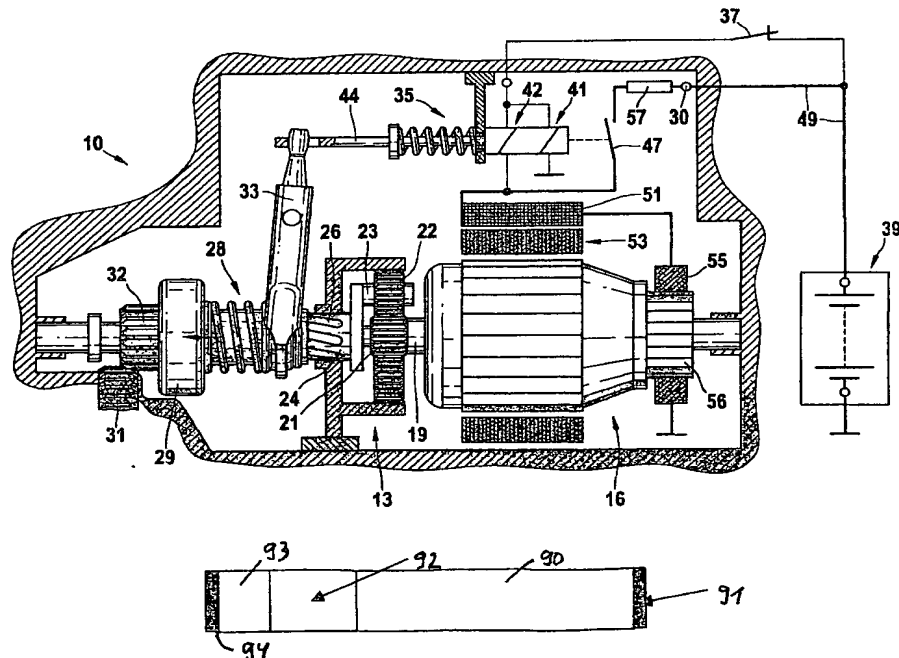
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BRAUN, Hans**
[DE/DE]; Kolbstrasse 6, 70178 Stuttgart (DE). **HEY-
ERS, Klaus** [DE/DE]; Robert-Koch-Strasse 37, 72766
Reutlingen (DE). **EISENSCHMID, Heinz** [DE/DE];
Rosentalstrasse 26, 71254 Ditzingen-Hirschlanden (DE).
RAUDZIS, Carsten [DE/DE]; Stettener Hauptstr. 35,
70771 Leinfelden-Echterdingen (DE). **SCHATZ, Frank**
[DE/DE]; Tellstrasse 29, 70806 Kornwestheim (DE). **QU,
Ning** [CN/DE]; Ernst-Felger-Weg 60/1, 72770 Reutlingen
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ELECTRIC MOTOR

(54) Bezeichnung: ELEKTROMOTOR



(57) Abstract: Disclosed is an electric motor, especially a starting device for internal combustion engines. A current-limiting electrical resistance (57) having a negative temperature coefficient is mounted upstream from an electromagnetically excited rotor (53) of the electric motor (16) in the main current circuit (49). The inventive electrical resistance (57) comprises at least one monocrystalline semiconductor.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/093102 A1



PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(57) **Zusammenfassung:** Es wird ein Elektromotor, insbesondere eine Startvorrichtung für Brennkraftmaschinen, vorgeschlagen, wobei ein strombegrenzender elektrischer Widerstand (57) mit negativem Temperaturkoeffizienten im Hauptstrompfad (49) eines elektromagnetisch erregbaren Läufers (53) des elektrischen Motors (16) vorgeschaltet ist. Es ist dabei vorgesehen, dass der elektrische Widerstand (57) wenigstens einen monokristallinen Halbleiter umfasst.

5

10 Elektromotor

Stand der Technik

15

20

Starter für Verbrennungsmotoren bestehen im Wesentlichen aus einem Elektromotor, der über ein Untersetzungsgetriebe auf die Kurbelwelle des Verbrennungsmotors wirkt und diesen innerhalb von beispielsweise 0,5 bis 1 sec auf Drehzahlen von typischerweise über 200 U/min beschleunigt. Die hierzu erforderliche Leistung reicht von unter 1 kW für kleine Benzinmotoren bis größer 4 kW für große Dieselmotoren. Auf Grund der hierfür kurzzeitig erforderlichen extrem hohen Ströme von einigen hundert bis zu über tausend Ampère und bedingt durch den begrenzten fixen Innenwiderstand der Batterie und des insgesamt geringen Gesamtwiderstandes der Starterschaltung bricht die Batteriespannung von beispielsweise 12 Volt auf bis zu 3 Volt ein, so dass die meisten elektronischen Einrichtungen im Kraftfahrzeug kurzzeitig ausfallen können.

25

30

Während diese Wechselwirkung des Starters mit anderen Fahrzeugkomponenten beim einmaligen Betrieb am Anfang einer Fahrt kaum von Bedeutung ist, sind die Folgen des Bordnetzspannungseinbruchs bei wiederholtem Start beim sogenannten Start-Stopp-Betrieb nicht tragbar und unter bestimmten Umständen sogar sicherheitskritisch. Zur Abmilderung dieser Folgen sind verschiedene Strategien denkbar, um diesen Bordnetzspannungseinbruch zu vermeiden bzw. zu unterbinden. Zu diesen Maßnahmen gehört zum Beispiel ein Bordnetz mit zwei Batterien, wie es beispielsweise aus der DE-OS 41 38 943 bekannt ist. Eine weitere Maßnahme ist die Regelung des Startstroms über sogenannte MOSFET-Schalter. Der Aufwand für diese Maßnahmen erfordert jedoch einen erheblichen Aufwand im Bordnetz oder am Starter.

35

Aus dem Kleinmotorenbau bzw. der Anwendung von Kleinmotoren im Fahrzeug ist es bekannt, zur Begrenzung des Anlaufstroms dieser Kleinmotoren Widerstände mit negativen Temperaturkoeffizienten, sogenannte NTC-Widerstände, dem elektromagnetisch aktiven Teil des Kleinmotors vorzuschalten. Nach dem Einschalten des Kleinmotors wird dabei der NTC-Widerstand durch die Strombelastung und den anfänglich hohen Widerstand stark erwärmt. Durch den negativen Temperaturkoeffizienten des Widerstands reduziert sich dieser und damit gleichzeitig die Verlustleistung des Widerstands, so dass auch die Verluste im stationären Betrieb klein sind. Aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 41 22 252 A1 ist eine solche Schaltung mit einem NTC-Widerstand bekannt. Dabei wird in einen Nebenstrompfad der Startvorrichtung einen sogenannten NTC-Widerstand eingebaut. Dieser dort bekannte NTC-Widerstand ist parallel zum Hauptstrompfad des elektrischen Motors geschaltet und gleichzeitig in Reihe zu den parallel geschalteten Einrück- und Haltespulen des Starterrelais geschaltet und beeinflusst die Strombelastung beim Start.

Die handelsüblichen NTC-Widerstände, also Widerstände mit negativem Temperaturkoeffizienten basieren auf einem keramischen Substrat bzw. aus halbleitenden Keramiken mit vergleichsweise geringer Strombelastbarkeit. Anwendungen im Bereich von ca. 1000 A wären mit diesen Bauelementen nicht sinnvoll möglich, da diese unter diesen Umständen extrem groß sein müssten und hierdurch unter Umständen instabil würden. Solche NTC-Widerstände wären auch geometrisch zu groß für übliche Startvorrichtungen.

Der maximale Spannungseinbruch im Bordnetz beim Betrieb des Starters bzw. Anlassers wird bestimmt durch den Innenwiderstand der Batterie, den ohmschen Widerstand der Ankerwicklung des Startermotors und den Spannungsabfall an den Kohlebürsten. Dieser Betriebsfall tritt in dem Moment auf, in dem der Starter zwar bestromt wird, der Läufer des Starters sich aber noch nicht dreht. Dieser Moment wird auch als Kurzschlusspunkt bezeichnet, es fließt dann der Kurzschlussstrom. Mit zunehmender Drehzahl reduziert die in den Wicklungen des Starters induzierte Spannung den Stromfluss und damit den Spannungseinbruch in der Bordnetzspannung.

Aufgabe der Erfindung ist, die Begrenzung des Stromes, insbesondere des Kurzschlussstromes bei gleichzeitig geringer bzw. minimaler Verlustleistung im Durchdrehbetrieb zu erreichen. Die Strombegrenzung sollte dabei mit minimalem

Aufwand erreicht werden und als Bestandteil des Starters darstellbar sein. Gelöst wird diese Aufgabe durch einen als Starter eingesetzten Elektromotor mit der Merkmalskombination des Hauptanspruchs.

5 Vorteile der Erfindung

Der erfindungsgemäße Elektromotor bzw. die elektrische Maschine, der bzw. die in besonders vorteilhafter Weise als Startvorrichtung für eine Brennkraftmaschine eingesetzt wird, mit den Merkmalen des Hauptanspruchs hat den Vorteil, dass durch das Anordnen
10 eines elektrischen Widerstands mit geeignetem, insbesondere negativen Temperaturkoeffizienten im Hauptstrompfad des elektromagnetisch erregbaren Läufers des elektrischen Motors der Startvorrichtung der sogenannte Kurzschluss-Strom und damit auch der Bordnetz-Spannungseinbruch bei gleichzeitig minimaler Verlustleistung im Durchdrehbetrieb begrenzt wird. Vorteilhafter Weise wird der elektrische Widerstand
15 mit geeignetem, insbesondere negativem Temperaturkoeffizienten als monokristallinen Halbleiter ausgeführt. Es wird dann für den auch als NTC-Widerstand bezeichneten Widerstand eine akzeptable bzw. geringe Baugröße möglich.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte
20 Weiterbildungen der Startvorrichtung nach dem Hauptanspruch möglich. Wird ein monokristalliner Halbleiter aus einem Material mit vergleichsweise hoher intrinsischer Ladungsträgerdichte und mit passendem Bandabstand gewählt, so ist es möglich, in einem sehr kleinen Volumen einen NTC-Widerstand mit sehr niedrigem Widerstand zu verwirklichen und gleichzeitig die intrinsische Ladungsträgerdichte und die
25 Ladungsträger-Beweglichkeit im heißen Zustand möglichst hoch werden zu lassen. Als besonders geeignet haben sich NTC-Widerstände aus III-V-Halbleitern erwiesen, die beispielsweise aus InSb und InAs bestehen.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, den NTC-
30 Widerstand auf Silizium-Basis herzustellen, in monokristallinem Zustand. Damit kann neben den bereits genannten Vorteilen einer Reduzierung des Bordnetz-Spannungseinbruchs beim Anlauf des Starters bei gleichzeitiger Minimierung der Verlustleistung im Durchdrehbetrieb auch eine einfache Darstellung der Funktionalität auf Basis einer konventionellen Silizium-Technologie erreicht werden und damit eine
35 deutliche Kostenersparnis erzielt werden.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, den NTC-Widerstand auf Silizium-Basis herzustellen, wobei monokristallinen Bereichen vorliegen und wenigstens ein polykristallinen Bereiche. Durch geeigneten Schichtaufbau und geeignete Dotierungsprofile lässt sich die Temperaturabhängigkeit des Widerstandes so einstellen, dass in einem vorgebbaren Temperaturbereich eine scharfer Widerstandssprung erzielbar ist.

Von besonderer Bedeutung ist weiterhin die Auslegung der thermischen Ankopplung des NTC-Widerstands an die Umgebung. Hierdurch muss sichergestellt werden, dass der NTC-Widerstand in der gewünschten Zeit hinreichend heiß wird und gleichzeitig der Ohmsche Widerstand der Kontaktstelle möglichst gering wird.

Eine besonders wirkungsvolle Anordnung des NTC-Widerstands ist dadurch gegeben, dass dieser zwischen zwei Leitern stoffschlüssig befestigt ist. Es ist damit eine großflächige Kontaktstelle zwischen den zwei Leitern und dem Widerstand gesichert; der Übergangswiderstand ist besonders gering. Um den Widerstand und die Kontaktstellen zwischen dem Widerstand und den Leitern möglichst vor Umwelt- bzw. Umgebungseinflüssen zu schützen ist vorgesehen, diese Baugruppe aus Widerstand und den zwei Leitern von einer Schutzhülle zu umgeben. Insbesondere ist vorgesehen, dass die Schutzhülle ein Deckel ist.

Zeichnungen

In den Figuren der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele für erfindungsgemäße Startvorrichtungen und zugehörige Widerstände dargestellt.

Es zeigen

- Figur 1 den prinzipiellen Aufbau einer Startvorrichtung mit der erfindungsgemäßen Anordnung eines NTC-Widerstandes,
- Figur 2 eine Teilschnittdarstellung eines Relaisgehäuses,
- Figur 3 eine Schnittdarstellung eines NTC-Bolzens,
- Figur 4 ein zweites Ausführungsbeispiel der Anbindung eines NTC-Widerstandes an Leiter,

- Figur 5 eine perspektivische Ansicht eines Schalterdeckels mit einem integrierten NTC-Widerstand,
- Figur 6 ein Beispiel für den Schichtaufbau eines erfindungsgemäßen Widerstandes bzw. eines Strombegrenzungs-Bauelements aus monokristallinem Silizium,
- Figur 7 ein Dotierstoffprofil für eine Bauelement nach Figur 6,
- Figur 8 ein Beispiel für den Schichtaufbau eines erfindungsgemäßen Widerstandes bzw. eines Strombegrenzungs-Bauelements aus monokristallinem Silizium mit einem Bereich aus polykristallinem Silizium,
- Figur 9 ein Beispiel für den temperaturabhängigen Verlauf des Widerstandes eines erfindungsgemäßen Strombegrenzungs-Bauelements für verschiedene Stromdichten.

Beschreibung

In Figur 1 ist der prinzipielle Aufbau einer Startvorrichtung 10 dargestellt, die in diesem Beispiel als sogenannter Schubschraubtriebstarter mit Vorgelegegetriebe ausgeführt ist. Neben dem bereits erwähnten Vorgelegegetriebe 13, hier als sogenanntes Planetengetriebe ausgeführt, weist die Startvorrichtung 10 darüber hinaus einen Elektromotor 16 auf, dessen Antriebswelle 19 ein Sonnenrad 21 des Vorgelegegetriebes 13 antreibt. Die Antriebskraft des Elektromotors 16 wird üblicherweise vom Sonnenrad 21 über Planetenräder 22 auf eine mit einem Planetenträger 23 verbundene Abtriebswelle 24 übertragen. Die Abtriebswelle 24 weist ein sogenanntes Steilgewinde 26 auf, in das ein Innensteilgewinde eines Einspurgetriebes 28 eingreift. Das Einspurgetriebe 28 besteht darüber hinaus aus einem Freilauf 29 und einem Antriebsritzel 32. Das Antriebsritzel 32 wird üblicherweise in einen Zahnkranz 31 eingespurt, über den das Antriebsmoment der Startvorrichtung auf eine nicht dargestellte Kurbelwelle der Brennkraftmaschine übertragen wird.

Das Einspurgetriebe 28 wird mittels eines Hebels 33 in den Zahnkranz 31 eingespurt. Der Hebel selbst wird mittels eines Einrückrelais 35 betätigt; ebenso wird der Startermotorstrom mittels des Einrückrelais 35 geschaltet. Hierzu wird ein Startschalter 37 geschlossen, so dass von einer Starterbatterie 39 zunächst ein relativ geringer Strom durch eine Einrückspule 41 und eine Haltespule 42 fließt, so dass ein nicht dargestellter

Hubanker in diese beiden Spulen eingezogen werden kann. Der nicht dargestellte Hubanker ist mit einer Schaltstange 44 verbunden. Diese Schaltstange 44 dient zur Betätigung des Hebels 33. Mittels der Einzugsbewegung des Hubmagnets wird schließlich auch eine Kontaktbrücke 47 bewegt, so dass ein Hauptstrompfad 49 von der Starterbatterie 39 über die bekannte Klemme 30 über die Kontaktbrücke 47 zu elektromagnetisch erregbaren Teilen des Startermotors 16 fließen kann.

Im Ausführungsbeispiel nach Figur 1 sind die elektromagnetisch erregbaren Teile des Elektromotors 16 einerseits eine Polwicklung 51 im Ständer des Elektromotors 16 und andererseits eine im Einzelnen nicht dargestellte Läuferwicklung des Läufers 53, der über Bürsten 55 und einen Kommutator 56 bestromt wird. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass im Hauptstrompfad 49 ein Widerstand 57 mit negativem Temperaturkoeffizienten eingebaut ist. Dieser Widerstand 57 wird in folge seiner Temperaturabhängigkeit auch als NTC-Widerstand bezeichnet. Er weist einen negativen Temperaturkoeffizienten auf, d.h. der Widerstandswert verringert sich bei steigender Temperatur. Ein solcher NTC-Widerstand 57 ist erfindungsgemäß ein monokristalliner Halbleiter, der von seiner Größe her in der Lage ist, die hohen und in einer Größenordnung von bis zu 1000 A bis 1500 A liegenden Ströme des Elektromotors 16 leiten zu können. Er ist damit für die Anwendung in der Startvorrichtung 10 geeignet.

Der spezifische Widerstand des monokristallinen Halbleitermaterials soll nicht nur die gewünschte Temperaturabhängigkeit aufweisen, sondern möglichst gering sein, damit der Halbleiter den erforderlichen Strom führen kann. Aus diesem Grund wird ein monokristalliner Halbleiter eingesetzt, der die passenden Eigenschaften aufweist. Am besten geeignet sind dabei intrinsische Halbleiter, wobei intrinsische Halbleiter eigenleitende Halbleiter sind, die bei einer Temperatur von $T = 0 \text{ K}$ nicht leiten, jedoch bei endlichen Temperaturen infolge der thermischen Anregung leiten. Bei endlichen Temperaturen kommt es zu einer thermischen Anregung von Elektronen über die Bandlücke hinweg und einige Elektronen gelangen ins Leitungsband. Die dann fehlenden Elektronen hinterlassen im Valenzband positiv geladene Lücken, bzw. ein sogenanntes Loch. Sowohl die Elektronen als auch die Löcher können bei Anlegung eines elektrischen Feldes einen Strom führen.

Zur Erzielung der gewünschten temperaturabhängigen Leitfähigkeit bzw. des gewünschten temperaturabhängigen Widerstandsverhaltens kann ein intrinsischer

Halbleiter eingesetzt, der eine hohe intrinsische Ladungsträgerdichte, eine bestimmte Ladungsträgerbeweglichkeit und einen passenden kleinen Bandabstand (Energy Gap) aufweist. Als Bandabstand wird die dabei Energiedifferenz zwischen Leitungs- und Valenzband bezeichnet. Typische Werte für einen solchen passenden Bandabstand sind 0,2 bis 0,6 Elektronenvolt (eV).

Um einen möglichst kleinvolumigen NTC-Widerstand verwirklichen zu können, der gleichzeitig bei höheren Temperaturen einen niedrigen Widerstand aufweist, muss die intrinsische Ladungsträgerdichte bzw. die Ladungsträgerdichte im heißen bzw. warmen Zustand möglichst hoch sein. Auch die Ladungsträgerbeweglichkeit sollte möglichst hoch sein. Typische Werte für einen passende Bandabstand (Energy Gap) sind 0,2 bis 0,6 Elektronenvolt (eV); für die intrinsische Ladungsträgerdichte 10^{15} bis 10^{16} cm⁻³; für die Ladungsträgerbeweglichkeit 3×10^4 bis 7×10^4 cm²/Vs.

Als geeignete Materialien für den NTC-Widerstand 57 erweisen sich hauptsächlich III-V-Halbleiter, die beispielsweise aus den Elementen Indium und Antimon (InSb) oder Indium und Arsen (InAs) bestehen. Generell wäre auch Germanium (Ge) als Halbleitermaterial einsetzbar. Wie in Verbindung mit den Ausführungsbeispielen nach den Figuren 6 bis 9 noch beschrieben wird, kann auch Silizium als Halbleitermaterial zum Einsatz kommen, wobei dann noch spezielle Bedingungen zu erfüllen sind.

Das Starter-Relais 35 und der NTC-Widerstand 57, der aus den genannten Halbleitern aufgebaut ist und die spezielle Temperaturabhängigkeit aufweist sowie die Anschluss- und Verbindungstechnik ist derartig ausgelegt, dass der Widerstand des Hauptstrompfads 59 bei einer Bestromung des Starters in den ersten 10 Millisekunden 10 MilliOhm (mOhm) beträgt, und daran anschließend auf Werte unter 0,5 mOhm fällt. Auf diese Art und Weise kann einerseits der Spannungseinbruch der Bordnetzspannung auf ca. 9 Volt bei einer 12-Volt-Starterbatterie 39 beschränkt werden, andererseits wird die Verlustleistung auf deutlich unter 10% beschränkt. Erzielt wird ein derartiger Verlauf des Stromes bzw. der Bordnetzspannung nach Einschalten des Starters, da unmittelbar nach Anlegen der Spannung an den Starter mit Beginn des Stromflusses der Halbleiterwiderstand noch kalt ist und daher eine geringe Leitfähigkeit bzw. einen hohen spezifischen Widerstand hat. Durch den danach fließenden Strom wird der intrinsische Halbleiterwiderstand erwärmt und seine Leitfähigkeit erhöht sich, bzw. sein Widerstand

verringert sich, wodurch sich auch der Gesamtwiderstand des Starter-Hauptsrompfades verringert.

In Figur 2 ist ausschnittsweise ein Einrückrelais 35 mit den pluspolseitigen Anschlussstellen dargestellt. Im Inneren des Einrückrelais 35 ist die Kontaktbrücke 47 zu erkennen. Das Einrückrelais 35 weist unter anderem einen Deckel 59 auf, der die Kontaktbrücke 47 abdeckt. Durch den Deckel 59 hindurch ragt ein Bolzen 62, der an seinem im Inneren des Deckels 59 bzw. des Einrückrelais 35 sich befindenden Ende eine Kontaktfläche 64 trägt. Diese Kontaktfläche 64 ist ähnlich wie ein Schraubenkopf ausgebildet. Der Bolzen 62 weist ein Außengewinde 66 auf, an dem in diesem Ausführungsbeispiel eine NTC-Widerstandsbaugruppe 69 befestigt ist. Auf diese NTC-Widerstands-Baugruppe 69 wird im Rahmen der Besprechung von Figur 3 näher eingegangen. Plusseitig ist an der NTC-Widerstandsbaugruppe 69 ein Polschuh 71 befestigt, der mit seinem plusseitigen Ende mittels eines Anschlusskabels 72 elektrisch mit der Starterbatterie 39 verbunden ist. Zur Befestigung des Polschuhs 71 dient hier eine Schraubenmutter 73.

Figur 3 zeigt die NTC-Widerstandsbaugruppe 69. Diese Widerstandsbaugruppe 69 besteht zunächst aus einem Gewindebolzen 80, der beispielsweise aus Stahl gefertigt sein kann. Dieser Gewindebolzen 80 weist ein Innengewinde 81 auf, mittels dessen diese Widerstandsbaugruppe 69 am Bolzen 62 des Einrückrelais 35 befestigt werden kann. Auf diesem Gewindebolzen 80 ist der erfindungsgemäß ausgestaltete temperaturabhängige monokristalline Halbleiterwiderstand (NTC-Widerstand) 57, stoffschlüssig befestigt. Mit einer anderen Seite des NTC-Widerstands 57 ist ein weiterer Gewindebolzen 83 ebenfalls stoffschlüssig befestigt. Somit ist der NTC-Widerstand 57 zwischen zwei Leitern, hier gebildet aus dem Gewindebolzen 80 und dem Gewindebolzen 83 stoffschlüssig befestigt. Der Gewindebolzen 83 ist hier praktisch wie eine Sechskantschraube ausgebildet, so dass am Gewindebolzen 83 der bereits erwähnte Polschuh 71 mittels der Schraubenmutter 73, siehe hierzu Figur 2, befestigbar ist. Die Baugruppe aus dem Widerstand 57 und den zwei Leitern ist von einer Schutzhülle umgeben, beispielsweise durch eine Kunststoffspritzgusschülle 85.

In Figur 4 ist ein zweites Ausführungsbeispiel einer Baugruppe aus Widerstand 57 und zwei Leitern dargestellt. Der Widerstand 57 ist hierbei zwischen zwei abgewinkelten Stromschienen positioniert, aber auch hier wiederum mittels einem stoffschlüssigen

Befestigungsverfahren an diesen beiden Stromschienen 88 befestigt. Hierzu ist der Widerstand 57 jeweils auf einer Schenkelfläche einer Stromschiene befestigt. Diese in Figur 4 dargestellte Baugruppe ist in diesem Fall nicht als Klemme-30-Anschluss vorgesehen, sondern dient vielmehr als sogenannter und an sich bekannter Klemme-45-Anschluss zwischen dem Einrückrelais 35 und dem Elektromotor 16. Die Bezeichnungen Klemme-30-Anschluss und Klemme 45-Anschluss sind im Fahrzeugbordnetz übliche Klemmenbezeichnungen.

Figur 5 zeigt die entsprechende Anordnung der Baugruppe aus den zwei Stromschienen 88 und dem Widerstand 57. Dazu ist diese Baugruppe derartig in das Einrückrelais 35 integriert, dass dieses vom Deckelmaterial des Deckels 59 größtenteils umgeben ist, und somit nur noch eine der beiden Stromschienen 88 aus dem Schalterdeckel 59 herausragt. An diesen herausragenden Stromschienen 88 kann schließlich beispielsweise durch Schweißen ein Leiter befestigt werden, der den Elektromotor 16 mit elektrischer Energie versorgt.

In Figur 6 ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, bei dem das Strombegrenzungs-Bauelement bzw. der NTC-Widerstand einen monokristalliner Silizium-Halbleiter enthält. Der Schichtaufbau dieses Widerstandes lässt sich wie folgt darstellen: Ein Chip 90 aus hochdotierten Substratmaterial, beispielsweise aus monokristallinem Silizium mit einer n-Dotierung von $1e20cm^{-3}$ (As oder Ab), das zur niederohmigen Kontaktierung und zur mechanischen Befestigung des Chips dient, ist auf einer Seite mit einer Metallisierung 91 versehen, die einen sicheren elektrischen Anschluss des Chips ermöglicht. Auf den hochdotierten Siliziumchip 90 ist die Epitaxieschicht 92 aufgebracht auf diese Epitaxieschicht 92 zur ohmschen Kontaktierung wieder eine hochdotierte Kontaktschicht 93 aus monokristallinem Silizium. Eine Metallisierung 94 ermöglicht einen guten elektrischen Kontakt. Die Metallisierungen weisen möglichst hohe Arsen oder Antimon Dotierungen auf, beispielsweise $1e19cm^{-3}$ (As oder Sb) und sind beispielsweise 0,2 bis 0,5 μm dick.

Die Temperaturabhängigkeit, die bei diesem Bauteil einer thermischen Schaltfunktion entspricht, wird durch die möglichst niedrig dotierte Epitaxieschicht 92 erhalten. Typische Parameter für die sehr niedrig dotierte Epitaxieschicht 92 sind Dicken zwischen 2 und 10 μm und Dotierstoffkonzentrationen von $1e14cm^{-3}$ bis $1e15cm^{-3}$. In Figur 7 ist ein möglicher Dotierungsverlauf dargestellt.

In Figur 8 ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, bei dem das Strombegrenzungs-Bauelement bzw. der NTC-Widerstand anstelle der sehr niedrig dotierten Epitaxieschicht 92 nach Figur 6 einen Bereich 95 mit sehr niedrig dotiertem polykristallinem Silizium aufweist. Die übrigen Bestandteile entsprechen denen nach Figur 6.

Durch den vorstehend beschriebenen Schichtaufbau und Berücksichtigung der angegebenen Parameter kann die Temperaturabhängigkeit des Widerstandes des Strombegrenzung-Bauelements nach Figur 6, insbesondere aber nach Figur 8 in bestimmten Grenzen abhängig von der zu führenden Stromdichte eingestellt werden. Figur 9 zeigt die Zusammenhänge zwischen Widerstand (in Ohm pro Quadratzentimeter), Temperatur (in Kelvin) und der Stromdichte (in Ampere pro Quadratzentimeter) unter der Voraussetzung idealer ohmscher Kontakte für beide Anschlüsse bzw. Elektroden. Dabei ist zu erkennen, dass in bestimmten Temperaturbereichen ein besonders großer Schalthub von 2 Dekaden, hervorgerufen durch die geringe Aktivierungsenergie der Ladungsträgergeneration, erreicht werden kann, d.h. bei einer Temperaturänderung von weniger als 50 Grad ändert sich der Widerstand um einen Faktor 100.

Durch Auswahl und Optimierung der Parameter kann der Widerstandssprung so gelegt werden, dass er in einem bestimmten Bereich liegt. Beispielsweise kann ein scharfer Widerstandssprung bei einer Temperatur von ca. 200°C über zwei Dekaden erhalten werden. Damit kann das Strombegrenzungsbauelement den Strom bei tieferen Temperaturen begrenzen und bei Überschreiten einer höheren Temperatur hundertfach weniger begrenzen und ein Einsatz eines solchen Strombegrenzungs-Bauelements zur Anlaufstrom-Begrenzung bei Startern ist ideal möglich.

Die Abscheidung von polykristallinem Silizium auf einem monokristallinen Siliziumchip ist unter Einhaltung bestimmten Parameter kostengünstiger als das epitaktische Aufwachsen von Silizium. Polykristallines Silizium hat allerdings aufgrund der geringeren Ladungsträgerbeweglichkeit einen etwas erhöhten elektrischen Widerstand, der sich gegebenenfalls durch größere Schichtdicken wieder kompensieren lässt. Die Funktionsweise des Bauelements bzw. die Erzielung der vorstehend beschriebenen Temperaturabhängigkeit des Widerstandes beruht darauf, dass die Ladungsträgerdichte thermisch induziert moduliert wird. Weiterhin führt die stark temperaturabhängige

Ladungsträgerlebensdauer im Fall starker Ladungsträgerinjektionen zu einem starken Anstieg der Elektronendichte im niedrigdotierten Gebiet und damit zu einem starken, temperaturinduzierten Abfall des elektrischen Widerstandes.

- 5 Die Erfindung ist in Verbindung mit dem Einsatz in einem Elektromotor, beispielsweise für einen Starter in einem Fahrzeug beschrieben. Generell können aber die Ausgestaltungen der elektrischen Halbleiter-Widerstände unabhängig davon zur Darstellung einer vorgebbaren Temperaturabhängigkeit eines Widerstandes eingesetzt werden.

5

Ansprüche

10

1. Elektromotor, insbesondere Startvorrichtung für Brennkraftmaschinen, wobei ein elektrischer Widerstand (57) mit negativem Temperaturkoeffizienten im Hauptstrompfad (49) eines elektromagnetisch erregbaren Läufers (53) des Elektromotors (16) vorgeschaltet ist, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrische Widerstand (57) wenigstens einen monokristallinen Halbleiter umfasst.
2. Elektromotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der monokristalline Halbleiter (90, 93) aus hochdotiertem Silizium besteht und wenigstens einen Bereich (92) mit geringer Dotierung aufweist, der ebenfalls monokristallin ist und insbesondere mittels Epitaxie erzeugt wird.
3. Elektromotor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Dotierungsprofil realisiert ist, bei dem die hohe Dotierung im Bereich (90, 93) bei ungefähr $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ liegt und der Bereich (92) mit geringer Dotierung eine Dotierung zwischen $1 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ und $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ aufweist.
4. Elektromotor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Dotierungsprofil so realisiert wird, dass der elektrische Widerstand des Bauteils in vorgebbarem Temperaturbereich, insbesondere bei 150-250°C sich bei geringer Temperaturänderung um große Werte, insbesondere bis zu einem Faktor 100 ändert.
5. Elektromotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der monokristalline Halbleiter (90, 93) aus hochdotiertem Silizium besteht und wenigstens einen Bereich (95) mit polykristallinem Silizium aufweist.

15

20

25

30

35

- 5 6. Elektromotor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Parameter des Bereichs mit polykristallinem Silizium so gewählt werden, dass der elektrische Widerstand des Bauteils in vorgebbarem Temperaturbereich sich bei geringer Temperaturänderung um große Werte, insbesondere bis zu einem Faktor 100 ändert.
- 10 7. Elektromotor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der vorgebbare Temperaturbereich mit dem Widerstandssprung etwa bei 200°C liegt.
- 15 8. Elektromotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der monokristalline Halbleiter aus einem Material mit hoher intrinsischer Ladungsträgerdichte und vorgebbarem, insbesondere kleinem Bandabstand besteht.
- 20 9. Elektromotor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der monokristalline Halbleiter Germanium Halbleiter ist..
10. Elektromotor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der monokristalline Halbleiter ein Verbindungshalbleiter, insbesondere ein III-V-Halbleiter, vorzugsweise ein InSb- oder InAs-Halbleiter ist.
- 25 11. Elektromotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Widerstand (57) beidseitig eine Metallisierung (91, 94) aufweist.
- 30 12. Elektromotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Widerstand (57) zwischen zwei Leitern (80, 83, 88) stoffschlüssig befestigt ist.
13. Elektromotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Baugruppe aus dem Widerstand (57) und den zwei Leitern (80, 83, 88) von einer Schutzhülle (85) umgeben ist.
- 35 14. Elektromotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Hülle (85) ein Deckel (59) ist.

15. Temperaturabhängiger Widerstand nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass er zur Darstellung einer vorgebbaren Temperaturabhängigkeit verwendet wird.

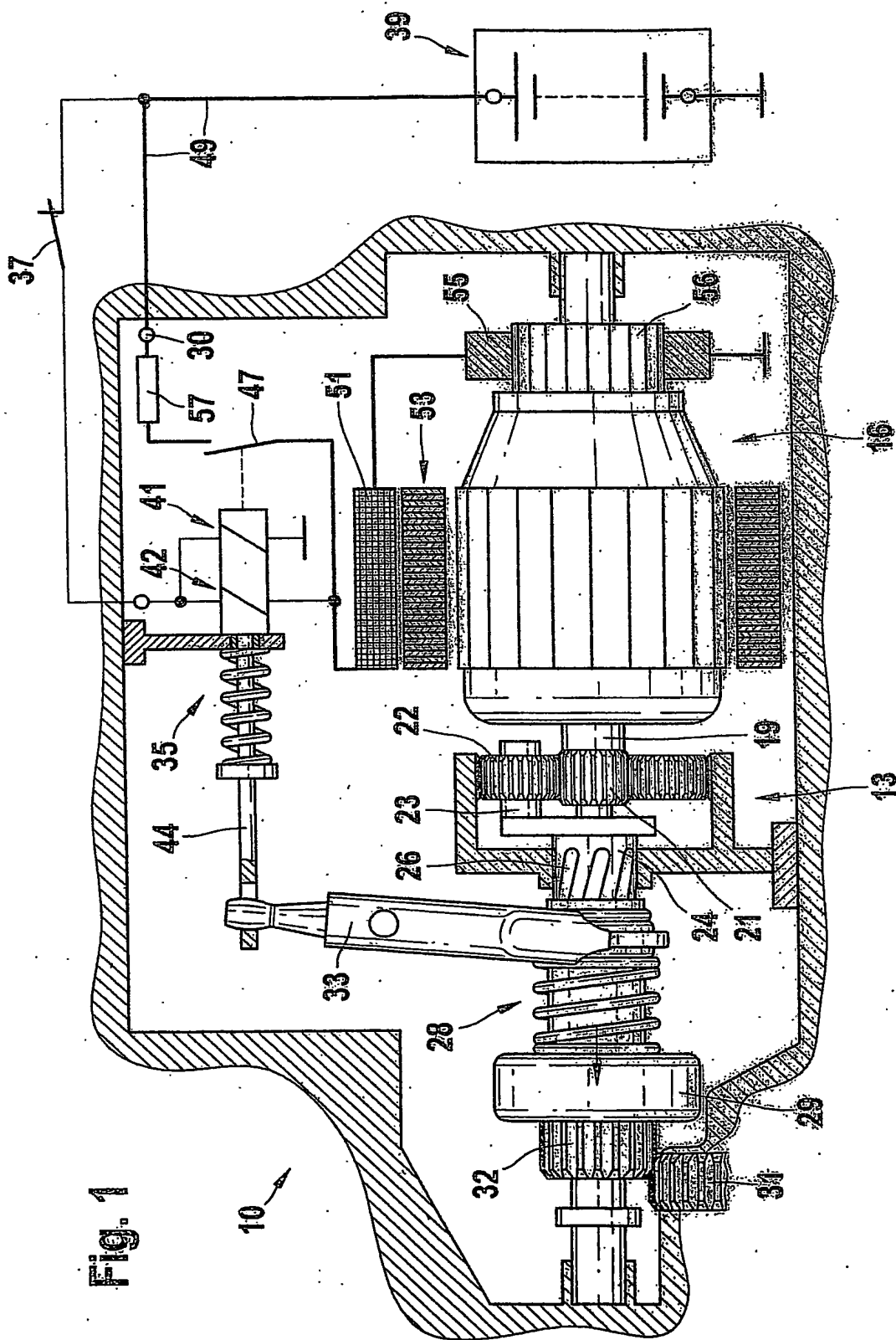


Fig. 1

Fig. 2

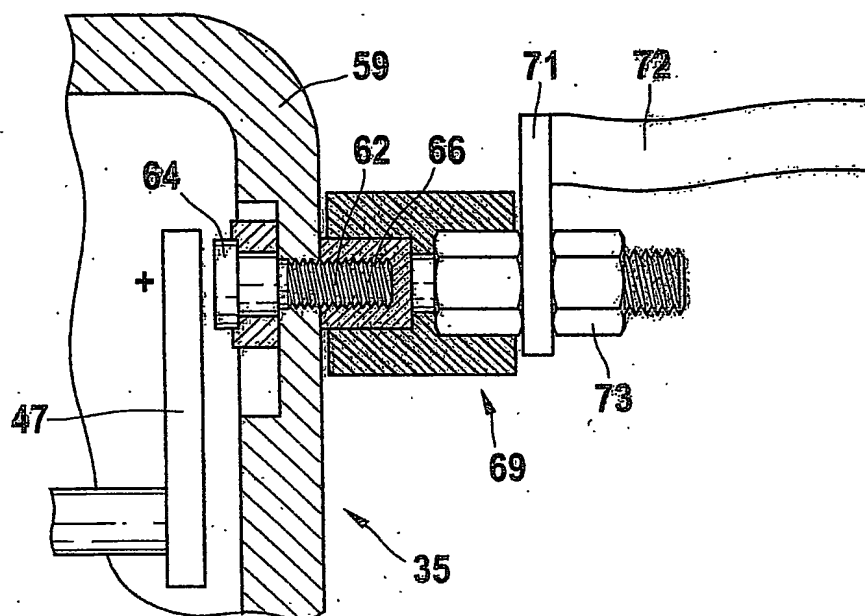


Fig. 3

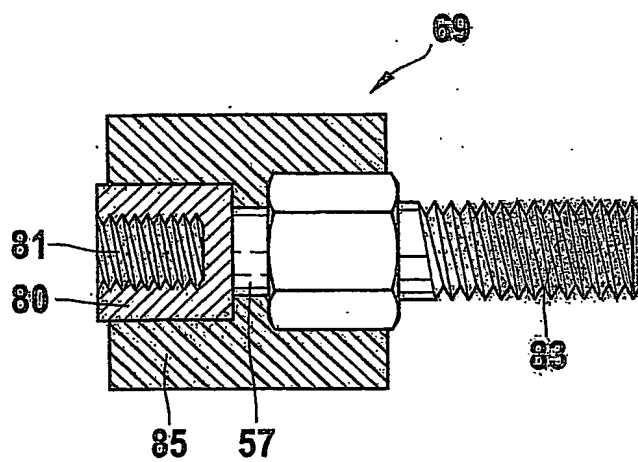


Fig. 4

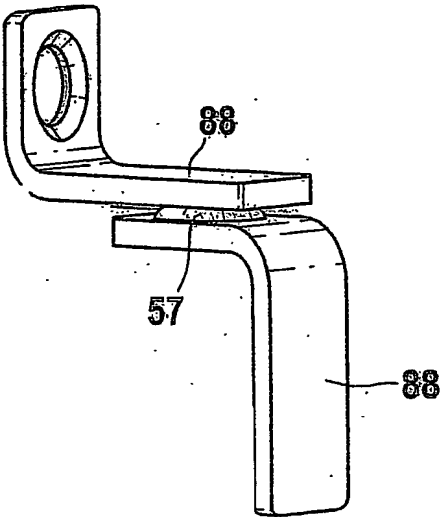
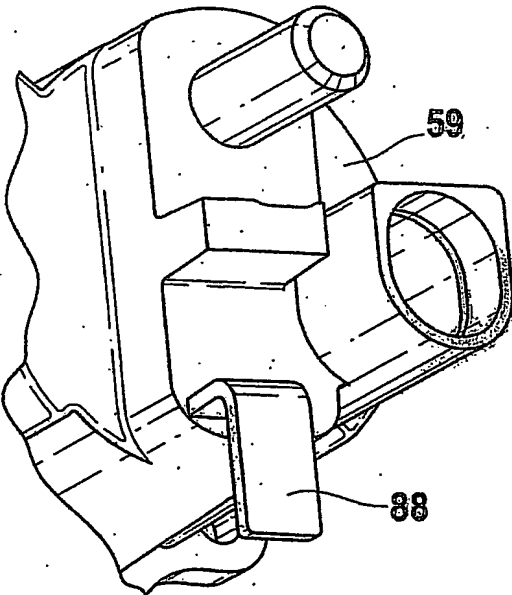


Fig. 5



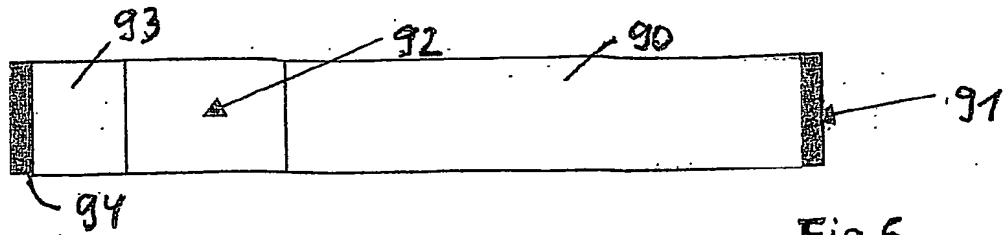


Fig. 6

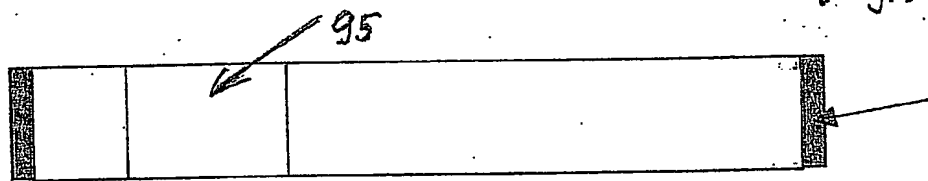
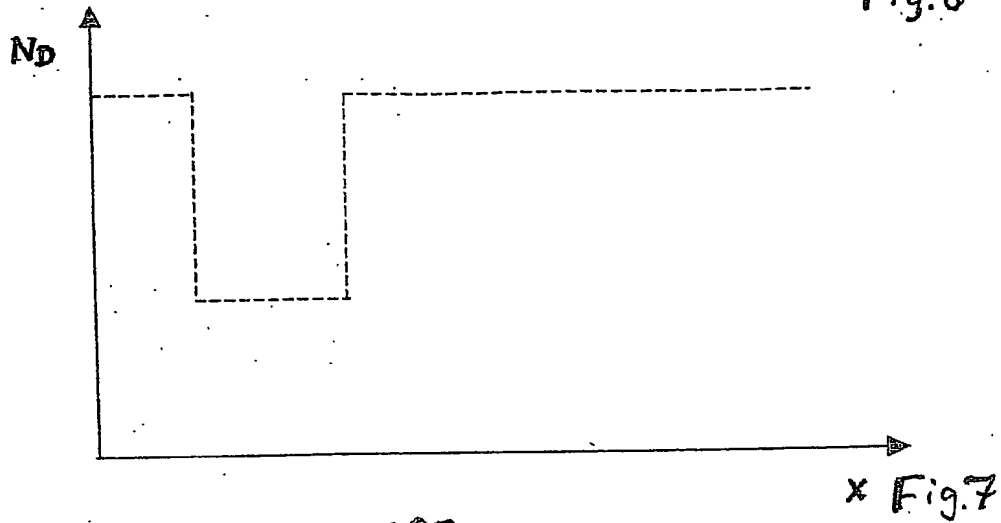


Fig. 8

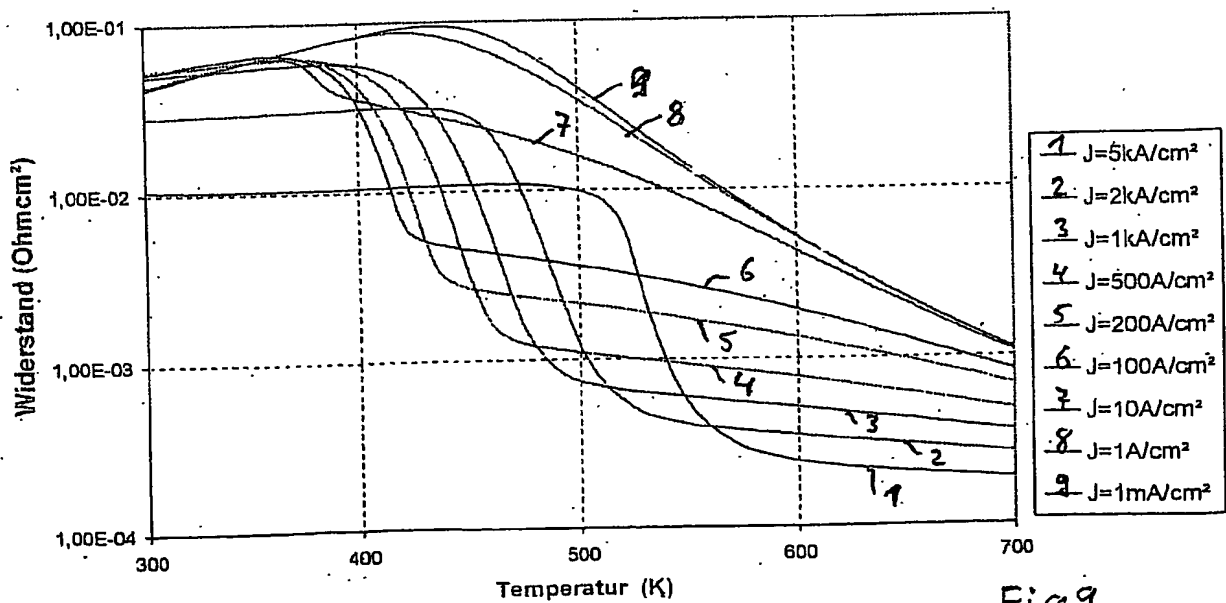


Fig. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE2004/000776

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01C7/04 F02N11/08 H01L21/822

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01C F02N H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 41 22 252 A (VOLKSWAGENWERK AG) 23 January 1992 (1992-01-23) cited in the application	1,5,8-15
A	the whole document	2-4,6,7
Y	GB 1 025 106 A (GRACE W R & CO) 6 April 1966 (1966-04-06)	1,8,11, 12,15
A	column 1, line 11 - column 2, line 54; claims 1,2,4,6-8	2-7,9, 10,13,14
Y	GB 1 002 704 A (GRACE W R & CO) 25 August 1965 (1965-08-25)	1,8,11, 12,15
A	column 1, line 11 - column 2, line 60; claims 1-9	2-7,9, 10,13,14
Y	GB 748 799 A (SIEMENS AG) 9 May 1956 (1956-05-09) the whole document	1,8-10, 15
	-/--	



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 September 2004

Date of mailing of the international search report

29/09/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Frias Rebelo, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2004/000776

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 04, 30 April 1997 (1997-04-30) & JP 8 330514 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD), 13 December 1996 (1996-12-13)	5
A	abstract	6,7
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 13, 5 February 2001 (2001-02-05) & JP 2000 299205 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 24 October 2000 (2000-10-24)	1,11-15
A	abstract	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 0161, no. 66 (E-1193), 22 April 1992 (1992-04-22) & JP 4 014863 A (KAWASAKI STEEL CORP), 20 January 1992 (1992-01-20)	2-7
A	abstract	
A	US 3 406 366 A (RICHARD KONTRIMAS ET AL) 15 October 1968 (1968-10-15) column 5, line 49 - column 6, line 34	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE2004/000776

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4122252	A	23-01-1992	DE 4122252 A1	23-01-1992
GB 1025106	A	06-04-1966	DE 1465585 A1	11-09-1969
			FR 1387940 A	05-02-1965
			US 3140531 A	14-07-1964
GB 1002704	A	25-08-1965	DE 1465586 A1	11-09-1969
			FR 1514923 A	01-03-1968
			US 3140531 A	14-07-1964
GB 748799	A	09-05-1956	DE 1066268 B	
JP 8330514	A	13-12-1996	JP 3401994 B2	28-04-2003
JP 2000299205	A	24-10-2000	NONE	
JP 4014863	A	20-01-1992	NONE	
US 3406366	A	15-10-1968	GB 1174942 A	17-12-1969

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2004/000776

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01C7/04 F02N11/08 H01L21/822

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H01C F02N H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 41 22 252 A (VOLKSWAGENWERK AG) 23. Januar 1992 (1992-01-23) in der Anmeldung erwähnt	1,5,8-15
A	das ganze Dokument	2-4,6,7
Y	GB 1 025 106 A (GRACE W R & CO) 6. April 1966 (1966-04-06)	1,8,11, 12,15
A	Spalte 1, Zeile 11 - Spalte 2, Zeile 54; Ansprüche 1,2,4,6-8	2-7,9, 10,13,14
Y	GB 1 002 704 A (GRACE W R & CO) 25. August 1965 (1965-08-25)	1,8,11, 12,15
A	Spalte 1, Zeile 11 - Spalte 2, Zeile 60; Ansprüche 1-9	2-7,9, 10,13,14
Y	GB 748 799 A (SIEMENS AG) 9. Mai 1956 (1956-05-09)	1,8-10, 15
	das ganze Dokument	
	-/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

20. September 2004

Absenddatum des Internationalen Recherchenberichts

29/09/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax. (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Frias Rebelo, A

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In onales Aktenzeichen
PCT/DE2004/000776

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1997, Nr. 04, 30. April 1997 (1997-04-30) & JP 8 330514 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD), 13. Dezember 1996 (1996-12-13)	5
A	Zusammenfassung	6,7
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 2000, Nr. 13, 5. Februar 2001 (2001-02-05) & JP 2000 299205 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 24. Oktober 2000 (2000-10-24)	1,11-15
	Zusammenfassung	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 0161, Nr. 66 (E-1193), 22. April 1992 (1992-04-22) & JP 4 014863 A (KAWASAKI STEEL CORP), 20. Januar 1992 (1992-01-20)	2-7
	Zusammenfassung	
A	US 3 406 366 A (RICHARD KONTRIMAS ET AL) 15. Oktober 1968 (1968-10-15) Spalte 5, Zeile 49 - Spalte 6, Zeile 34	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/000776

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 4122252	A	23-01-1992	DE	4122252 A1	23-01-1992
GB 1025106	A	06-04-1966	DE	1465585 A1	11-09-1969
			FR	1387940 A	05-02-1965
			US	3140531 A	14-07-1964
GB 1002704	A	25-08-1965	DE	1465586 A1	11-09-1969
			FR	1514923 A	01-03-1968
			US	3140531 A	14-07-1964
GB 748799	A	09-05-1956	DE	1066268 B	
JP 8330514	A	13-12-1996	JP	3401994 B2	28-04-2003
JP 2000299205	A	24-10-2000	KEINE		
JP 4014863	A	20-01-1992	KEINE		
US 3406366	A	15-10-1968	GB	1174942 A	17-12-1969